

1. Az agroklimatológia kialakulása, fogalma és tárgya

A meteorológia a légkörrel foglalkozó tudomány. Méri és megfigyeli a légkört jellemző tulajdonságokat, vizsgálja a benne lezajló folyamatokat. A légkör tulajdonságai és folyamatai minden pillanatban meghatározzák a légkör állapotát. A légkörnek egy adott pillanatban kialakult állapotát nevezzük időnek, egy nem túlságosan hosszú (óra, nap, hét, hónap, év stb.) időszak alatti állapotát pedig időjárásnak. Az idő és időjárás között csak a magyar nyelv tesz különbséget, amennyiben a „járás” szavunk érzékelteti az egymás utáni pillanatok múlását. Ha egy adott helyen a légkör állapotáról azt szeretnénk tudni, hogy az „általában milyen szokott lenni”, akkor meglehetősen hosszú (több évtizedre terjedő) időszakot kell vizsgálnunk. A légkör hosszabb időszakra jellemző állapotát nevezzük éghajlatnak. Ezt pedig elsősorban a matematikai statisztika eszközeivel lehetséges meghatározni, ezért használunk az éghajlat jellemzésére átlagokat, szélsőértékeket, gyakorisági értékeket stb. A meteorológiának ezzel a területével a klimatológia (az éghajlattal) foglalkozik. Az éghajlatnak a mezőgazdasági termelésre gyakorolt hatását pedig az agroklimatológia vizsgálja.

1.1 Az agrometeorológia és agroklimatológia kialakulása

A földművelő ember előtt kezdettől fogva ismeretes az időjárás és éghajlat növénytermesztésre gyakorolt hatása. Ezt tükrözik a földművelő népeknek az időjárással és az éghajlattal kapcsolatos szólásmondásaik is. Ismereteik természetesen helyi tapasztalatokon alapultak, s többnyire minőségi jellegűek voltak, számszerű ismereteket nem tartalmaztak. Apáról fiúra szálltak, s az újabb generációk tapasztalataival kiegészítve és módosulva egy adott helyen a mezőgazdasági termeléshez szükséges tapasztalati ismeretekhez tartoztak, hiszen a termőhely meteorológiai ismeretei nélkül nem lehetne a növények termesztését kellő biztonsággal folytatni. Emiatt a mezőgazdasági termelés fejlődésével egyre nőtt az igény, hogy a tapasztalatokon alapuló ismertek helyett az időjárásra és éghajlatra vonatkozóan is rendelkezzenek tudományosan megalapozott ismeretekkel.

A meteorológiai és fenológiai megfigyelések kezdetei. Ennek megvalósításához azonban a tudomány és technika olyan fejlettségi szintjére volt szükség, hogy a levegő állapotjelzőinek (nyomás, hőmérséklet, nedvesség stb.) mérésére szolgáló műszerek rendelkezésre álljanak. Ez lehetővé tette a rendszeres meteorológiai megfigyelések megindítását. Az 1700-as évek végére a németországi Mannheimben alapított Societas Palatina Meteorologica 36 állomással megkezdte működését. Ennek a hálózatnak délkeleti irányban a legtávolabbi helye Buda volt, ahol 1780. november 1-én kezdődtek a megfigyelések, amelyek a légnyomás, a hőmérséklet, a légnedvesség, a felhőzet, a csapadék és a szélirány mérésére terjedtek ki. A meteorológiai megfigyelések terjedésével egyre több adat állt rendelkezésre a levegő állapotjelzőre vonatkozóan.

A későbbiek során meteorológiai megfigyeléseket hazánkban is egyre több helyen végeztek, de rendszeres, országosan szervezett megfigyelések csak a Meteorológiai és Földmágnassági Intézet megalakulása után, az 1870-es években kezdődtek.

Az összegyűlt adatokat elemezték és publikálták. Az elemzésnél a szerzők jelentős része elsősorban a mezőgazdasági termelés szempontjait emelte ki. Ebben szerepet játszott az is, hogy a múlt században még minden országban az egyik legfontosabb termelési ágazat a mezőgazdaság volt. Így volt ez hazánkban is, ahol Berde Áron 1847-ben kiadott „Légtüneménytan” című könyvében Magyarország éghajlatát már a növény- és állatvilágra

gyakorolt hatásával együtt tárgyalta. Az 1800-as évek első évtizedeiben pedig Magyaróváron a gazdaszképzés keretében már rendszeresen oktatták is az időjárás-éghajlati ismereteket.

Az éghajlat mezőgazdaságra gyakorolt hatásának értékelésére való törekvés eredményezte azt a felismerést is, hogy ha az időjárás és éghajlat mezőgazdasági termelésre gyakorolt hatását szeretnénk megismerni, akkor a meteorológiai adatok mellett növényi adatokra is szükség van. Ezért egyre több helyen szerveztek kisebb-nagyobb területen fenológiai megfigyeléseket a már működő meteorológiai állomások környezetében. Természetesen ez feltételezte, hogy ekkorra már kidolgozták a fenológiai megfigyelések követelményrendszerét. S valóban így is volt, mert Linné svéd botanikus volt az első, aki rendszeresen végzett fenológiai megfigyeléseket, s elkészített egy útmutatót a vadontermő és a gazdasági növények megfigyelésére. Ez a munkája 1751-ben jelent meg.

A fenológiai vizsgálatok újabb fontos szakaszát jelentette Quetelet működése Belgiumban, aki 1840 táján egész Nyugat-Európára kiterjedő fenológiai megfigyelő hálózatot szervezett. Az ő tanítványa volt Morren botanikus is, akitől a fenológia elnevezés származik.

Hazánkban ugyancsak a múlt század első évtizedeiben kezdődtek meg a fenológiai megfigyelések, amelyek a korai szakaszban egy-egy lelkes kutató nevéhez fűződtek, ezért szórványos jellegűek voltak. A hálózatszerű megfigyelések 1851-ben kezdődtek, s az Osztrák-Magyar monarchia egész területére kiterjedtek. Magyarország területén 40 állomás működött, s végzett rendszeres megfigyeléseket mintegy 20 éven keresztül.

A Meteorológiai és Földmágnassági Intézet megalakulása után (1871-ben) Staub Mór főreáliskolai tanár szervezte meg az első önálló hazai fenológiai hálózatot, s ő készítette az első magyar nyelvű fenológiai megfigyelési útmutatót is. Ebben már felhívja a figyelmet arra a rendkívül fontos agrometeorológiai alapelvre, hogy a meteorológiai és növényi megfigyeléseket párhuzamosan kell végezni, mert csak így lehet kimutatni a meteorológiai elemek növényekre gyakorolt hatását. Ő szerkesztette meg Magyarország első fenológiai térképét is.

A múlt század vége felé a Délmagyarországi Természettudományi Társulat is szervezett fenológiai megfigyeléseket mind a vadontermő, mind pedig a gazdasági növények megfigyelésére. Ez a hálózat 1910-től az egész Alföldre kiterjedt. A hálózat működését Hegyfok Kabos irányította egészen 1919-ben bekövetkezett haláláig. Utána a hálózatot a Meteorológiai Intézet vette át, s ott az 1930-as évek végéig működött.

Az agrometeorológia kialakulása. A meteorológiai és növényi adatok együttes megfigyelése és értékelése a mai értelemben vett agrometeorológia kifejlődéséhez vezetett. Ez a folyamat a múlt század végén indult meg, Brounov orosz meteorológus munkássága nyomán. Ő már a meteorológiai és növényi adatok párhuzamos megfigyelésének szükségességét úgy tekintette, mint az agrometeorológia alapelvét. Tőle származik a kritikus időszak fogalma is, amely azt az időszakot jelenti, amelynek folyamán a meteorológiai elemek a legerősebb befolyást gyakorolják a növény életére. Kezdeményezésére 1913-ban Rómában megalakul a Nemzetközi Agrometeorológiai Bizottság, amely a Meteorológiai Világszervezet (World Meteorological Organisation = WMO) keretében napjainkban is működik.

Az első agrometeorológiai ismereteket összefoglaló kézikönyvet az amerikai Smith adta ki 1920-ban „Agrometeorology” címen.

Az 1920-as évektől jelentős agrometeorológiai tevékenységet fejt ki az olasz Azzi, akinek munkássága elsősorban a latin nyelvcsalád országaiban gyakorolt nagy hatást az agrometeorológia fejlődésére. Ő módszert dolgozott ki az egyes növények agrometeorológiai küszöbértékeinek meghatározására, s ezeket a küszöbértékeket meteorológiai ekvivalenseknek nevezte.

Az említett kutatók elsősorban az éghajlat mezőgazdasági hatásával foglalkoztak. Az 1920-as évek vége felé a német Geiger azonban felhívta a figyelmet a növény közvetlen

környezetében, illetve a növényállományon belül kialakuló meteorológiai viszonyok jelentőségére. Idevágó vizsgálatait összefoglaló kézikönyve *Das Klima der bodennahen Luftschicht* címen jelent meg 1927-ben. Később korszerűsített változatban még 1950-ben és 1961-ben is kiadták. Ő vezette be a mikroklíma fogalmát.

Az éghajlat növényekre gyakorolt hatásának vizsgálata ezután kibővült a közvetlen növényi környezet meteorológiai hatásának vizsgálatával, s e két terület együttese képezi ma a korszerű agrometeorológiát.

A hazai agrometeorológiai vizsgálatok a Meteorológiai Intézet keretében 1920-ban alakult Agrometeorológiai Osztályon kezdődtek. Az osztály vezetője Sávoly Ferenc eredményes kutatásokat folytatott a peronoszpóra-fertőzés időjárással való kapcsolatának meghatározására. A Meteorológiai Intézettől történt eltávozása után az osztály megszűnt.

Az 1930-as évektől a debreceni egyetemen működő Berényi Dénes munkássága jelentette a korszerű agrometeorológiai kutatómunka megindulását. Agroklimatológiai analíziseit hazánkban elsőként a matematikai-statisztika módszereire építette, s ugyancsak ő kezdeményezte hazánkban az állományklíma vizsgálatára irányuló szántóföldi kísérleteket.

A II. világháború után világszerte hatalmas fejlődésnek indult az agrometeorológia. A világ számos mezőgazdasági országában fellendült a kutatómunka, s napjainkra jelentős ismeretanyag halmozódott fel. A figyelem egyre inkább arra irányult, hogy az agrometeorológiai információk a mezőgazdasági döntésekbe is beépíthetők legyenek vagy előrejelzés (fagyelőrejelzés, terméselőrejelzés stb.) formájában jelenjenek meg.

Hazánkban is a háború utáni években alakult újjá a Meteorológiai Intézetben belül az Agrometeorológiai Osztály Fáthy Ferenc vezetésével. Ő az egész országra kiterjedő fenológiai megfigyeléseket szervezett agrometeorológiai információkat szolgáltató szolgálat létrehozása érdekében. Később, az 1950-es évek közepén Agrometeorológiai Osztály keretében megalakult a martonvásári Agrometeorológiai Observatórium, amely az MTA martonvásári Mezőgazdasági Kutató Intézetével együttműködve a talajművelés és a talajtakarás talajhőmérsékletet és talajnedvességet befolyásoló szerepét vizsgálta szántóföldi kísérletek keretében. Később több helyen (Szarvason, Keszthelyen, Nyíregyházán) is működött agrometeorológiai observatórium. Az 1960-as évek közepétől újjászerveződött a fenológiai megfigyelés és a hálózatszerű talajnedvesség-mérés, s így az 1960-as évek vége felé megkezdődhetett az agrometeorológia tájékoztatás.

Az agrár felsőoktatás keretében az egész világon - így hazánkban is - rendszeressé vált az agrometeorológia oktatása, s számos monográfia és kézikönyv is megjelent a korszerű ismeretek szintézisével.

1.2 Az agrometeorológia fogalma és felosztása

Az előzőekben elmondottakból nyilvánvaló, hogy a légkörre vonatkozó adatok felhalmozódásával és elemzésével szinte egyidőben keletkezett igény arra, hogy ezeket az ismereteket a mezőgazdasági termelés szempontjából hasznosítsák. A meteorológia és annak mezőgazdasági alkalmazása tehát szinte párhuzamosan fejlődött ki.

A meteorológia a légkörrel, s a benne lejátszódó folyamatokkal foglalkozó tudomány. Elnevezése Arisztotelésztől származik, aki meteora néven „ég és föld” között minden jelenséget értett. A *logosz* szó tant, ismeretet jelent. A meteorológia tehát eredetileg az ég és föld között lejátszódó eseményeket tanulmányozó tudományt jelentett. Később azonban jelentése kizárólag a légkörre korlátozódott, s így ma már a légkörrel foglalkozó tudomány megjelölésére szolgál. Magyar megfelelője a légkör-tan, nem tudott meghonosodni.

Három nagyobb területre tagozódik. A fizikai meteorológia a légköri jelenségek és folyamatok fizikai magyarázatával foglalkozik, az éghajlattan a több évtizeden át gyűjtött

adatok alapján írja le a légkör állapotát, a szinoptika pedig a légkörben lejátszódó folyamatok előrejelzésének módszereit foglalja magába.

Legfontosabb alkalmazott területei: a biometeorológia, a repülésmeteorológia, az orvosmeteorológia és az agrometeorológia.

A mezőgazdasági meteorológia (agrometeorológia) a meteorológiai viszonyok és – a tágabb értelemben vett – mezőgazdasági termelés (a szántóföldi növénytermesztés, a kertészet, az állattenyésztés és az erdészet) közötti kapcsolatok vizsgálatával foglalkozó tudomány. Érdeklődési területe kiterjed a legmélyebben fekvő növényi gyökerek rétegétől, a talajközeli légrétegeken keresztül – ahol a gazdasági növények és a haszonállatok élnek – egészen az aerobiológiát érdeklő legmagasabb rétegekig, ahol a spórák, pollenek, magok, s kisebb rovarok széllel történő vándorlása, szállítása folyik.

A természetes éghajlatnak és helyi változásainak hatásán kívül a mezőgazdasági meteorológia tanulmányozza még a környezet mesterséges módosításainak meteorológiai vonatkozásait (öntözéses gazdálkodás, talajművelés, erdősávok stb.), a mesterséges terek (üvegházak, istállók, ólak, gazdasági épületek stb.), s a mezőgazdasági termékek szállításához szükséges meteorológiai feltételek alakulását (WMO 1974).

Azt is mondhatjuk, hogy a mezőgazdasági meteorológia az a tudomány, amely az időjárást és az éghajlatot úgy tanulmányozza, mint a mezőgazdasági termelés egyik alapvető feltételét és szükséges erőforrását.

A mezőgazdasági meteorológia (agrometeorológia) tehát a meteorológiának az az ága, amely azokat a mezőgazdasági termelés szempontjából jelentőséggel bíró meteorológiai és klimatológiai viszonyokat tanulmányozza, amelyek kölcsönhatásban vannak a mezőgazdasági termelés tárgyaival és folyamataival.

Általánosan elterjedt, hogy a mezőgazdasági meteorológiát agrometeorológiának nevezzük. Az agrometeorológia fogalmának azonban van egy tágabb és egy szűkebb értelmezése is. Tágabb értelemben az agrometeorológia magába foglalja a mezőgazdasági termelés egész területét, beleértve a növénytermesztést, az állattenyésztést és az erdészetet is. Szűkebb értelemben azonban csak a meteorológiai viszonyok és a növénytermesztés közötti kapcsolatot. Ennek oka abban rejlik, hogy a figyelem kezdettől fogva a meteorológiai viszonyok és a növények közötti kapcsolatok vizsgálatára összpontosult, mivel a növények helyhez kötöttségüknek fogva állandóan ki vannak téve a környezetüket képező légkörben lejátszódó folyamatoknak, s ezek hatása kimutathatóan tükröződik a növények életében. S mivel vegetációs periódusuk többnyire egy adott éven belül lejátszódik, a hatást kiváltó meteorológiai tényezők is felismerhetők. Az állatok helyváltoztatási képességüknek köszönhetően el tudnak mozogni a kedvezőtlen légköri hatások elől védett helyekre, beleértve a mesterséges védelmet nyújtó ólakat és istállókat is. Ezért rájuk nem csupán közvetlenül a szabad légkör folyamatai, hanem jelentős mértékben a mesterséges terek légkörének tulajdonságai hatnak. Emiatt a hatást okozó tényezők és maguk a hatások is nehezebben felismerhetők. Az agrometeorológián belül ezek a vizsgálatok részben más vizsgálati módszereket is igényelnek, lassabban is fejlődtek ki és kisebb területet jelentenek. Hasonlóan kisebb mértékben fejlődtek ki az erdészettel kapcsolatos vizsgálatok is, mivel a hatást kiváltó tényezők és a hatások itt is nehezebben kimutathatók a fák sokéves élettartama alatt folyamatosan változó meteorológiai viszonyok miatt. Ésszerűbb emiatt külön zoometeorológiáról és erdészeti meteorológiáról beszélni.

Meg kell említeni, hogy a meteorológia egy másik alkalmazott ága: a biometeorológia szintén foglalkozik az említett kérdésekkel is. A biometeorológia ugyanis a meteorológiának az az ága, amely az élővilág és a meteorológiai viszonyok közötti kölcsönhatásokkal foglalkozik. Ezért egyik területe (fitometeorológia) a növények és meteorológiai viszonyok, egy másik területe (zoometeorológia) az állatok és a meteorológiai viszonyok és egy harmadik területe (humánmeteorológia vagy orvosmeteorológia) pedig az ember és a

meteorológiai viszonyok közötti kapcsolatra vonatkozó ismereteket foglalja magába. Az agrometeorológia és a biometeorológia között az átfedés abban van, hogy mindkettő foglalkozik a gazdasági növényekkel és a haszonállatokkal, a különbség pedig abban, hogy a biometeorológia még a vadontermő növényekkel, a vadon élő állatokkal és az emberrel kapcsolatos meteorológiai kölcsönhatásokat is tanulmányozza.

A következőkben az agrometeorológia fogalmát szűkebb értelemben, vagyis kizárólag a növénytermesztésre vonatkozóan használjuk. Eszerint agrometeorológián a meteorológiának azt az ágát értjük, amely a növénytermesztés és a meteorológiai viszonyok közötti kölcsönhatással foglalkozik.

Az agrometeorológia felosztása. Az agrometeorológia – mint korábban ismertettük – alapvetően kétféle közelítésmódból alakult ki.

Az agrometeorológia legkorábban kifejlődött ága mindenekelőtt egy nagyobb területet behálózó meteorológiai és fenológiai megfigyelőhelyek többéves adatsora alapján, a meteorológiai tényezők és a növény, valamint a növénytermesztéshez kapcsolódó folyamatok, tevékenységek közötti összefüggéseket tanulmányozza. Ez a terület az agroklimatológia, amely az éghajlat és a növénytermesztés közötti kapcsolattal foglalkozik. Ez a tudomány különösen az utóbbi évtizedekben fejlődött rohamosan. Fejlődése különösen amiatt gyorsult fel, hogy a számítógépes technika nagyon megkönnyítette és matematikai statisztikai feldolgozásokhoz könnyen kezelhetővé tette a hatalmas éghajlati adatbázist. A továbbiakban e területtel fogunk részletesen foglalkozni.

A másik terület: az agromikrometeorológia (vagy elterjedtebb szóhasználattal mikroklimatológia), amely a századunkban indult fejlődésnek, a növények közvetlen életterének meteorológiai viszonyai és a növények közötti kölcsönhatásokat vizsgálja. Nevezik egyszerűen mikrometeorológiának vagy mikroklimatológiának is. Ez azonban néha zavaró is lehet, mert a mikrometeorológia nemcsak a növények életterében végzett vizsgálatokra vonatkozó ismereteket foglalja magába, hanem annál szélesebben értelmezhetően, bármilyen felszín felett közvetlen elhelyezkedő légrétegekben lejátszó folyamatokat elemzi. Ma már beszélünk a lejtők, tavak stb. mikrometeorológiai vagy mikroklimatikus viszonyairól is.

E két terület szorosan kapcsolódik egymáshoz. Egyrészt ugyanis ismernünk kell, hogy a nagy térségek éghajlati viszonyai hogyan hatnak a növénytermesztésre, másrészt pedig azt is ismernünk kell, hogy a légkör és a növény vagy növényállomány közötti közvetlen kapcsolatok hogyan alakulnak. Az agrometeorológia e két területén elért eredmények ma már lehetővé teszik, hogy olyan információkat lehessen előállítani, amelyek a mezőgazdasági döntésekben felhasználhatók. Ezért a mezőgazdaságilag fejlett országokban napjainkban már működik az agrometeorológiai tájékoztató szolgálat.

1.3 Az agroklimatológia fogalma és feladatköre

Az éghajlattan (klimatológia) lényegében három féle módszerrel vizsgálja az éghajlatot, s ennek megfelelően három nagyobb területe alakult ki (Boucher 1975).

1. Első és alapvető feladatának tűnik, hogy leírja, hogy egy adott helyen, területen, kontinensen vagy akár az egész Földön milyen éghajlat vagy éghajlatok találhatóak. E módszer leíró jellege miatt az éghajlatnak ezt az ágát klimatográfiának (leíró éghajlattannak) nevezzük.

2. A másik fontos területe, hogy a Föld különböző területein kialakult éghajlatokról kiderítse, hogyan alakultak ki, s mi volt kialakulásuk oka. A klimatológiának ezt az ágát fizikai klimatológiának szokás nevezni.

3. Az éghajlatok vizsgálata szinte egyértelműen gyakorlati célt követ, mert nemcsak azt szeretnénk tudni, hogy milyen az az éghajlat, ahol élünk, hanem azért szeretnénk tudni milyen az éghajlat, hogy kideríthessük hogyan hat ránk, vagy az általunk termelt növényekre és az általunk

termesztett állatokra, általában hogyan hat az emberi tevékenységre. A klimatológiának ezt az ágát alkalmazott klimatológiának nevezzük.

Az agroklimatológia fogalma. Az alkalmazott klimatológia egyik területe: az agroklimatológia, amely az éghajlat és a mezőgazdasági termelés közötti kölcsönhatással foglalkozik, s amelyet szintén szűkebb értelmezésben fogunk használni, vagyis ezzel a fogalommal a továbbiakban a növénytermesztés és az éghajlat közötti kölcsönhatással foglalkozó tudományt fogjuk jelölni. Természetesen ebben a kölcsönhatásban nem szimmetrikus oda-vissza hatásra kell gondolni, hanem olyan asszimmetrikus kölcsönhatásra, amelyben az éghajlat mezőgazdaságra gyakorolt hatása erősebb, mint a mezőgazdaság éghajlatra gyakorolt hatása.

Az agroklimatológia tehát a klimatológia alkalmazott ága, amelyet az éghajlat növénytermesztésre gyakorolt hatásainak elemzése alapján fogunk tanulmányozni. Természetesen a leíró klimatológia és a fizikai klimatológia eredményeit is alkalmazza a mezőgazdaságra vonatkozóan.

Az agroklimatológia feladata. Meghatározásából következik, hogy alapvető feladata, hogy ismereteket gyűjtsön az éghajlat és a növénytermesztés közötti kölcsönhatásról, s olyan módszereket dolgozzon ki, amelyekkel e kölcsönhatások mennyiségileg is jellemezhetők. Ennek során

1) meg kell határozni az éghajlati elemeknek azokat a küszöbértékeit, amelyek a növényi élet szempontjából jelentősek;

2) meg kell határozni egy adott termőterületen a természetes periódusokat és a vegetációs periódus alatti éghajlati viszonyokat;

3) meg kell határozni, hogy az adott területen az éghajlati elemek éven belüli és évek közötti ingadozásai hogyan befolyásolják a növények növekedését, fejlődését és produktivitását;

4) meg kell határozni a kedvezőtlen éghajlati hatásokat, s lehetőleg az általuk okozott termesztési kockázatot is;

5) el kell végezni a termőterületek éghajlati szempontból történő osztályozását, s meg kell becsülni az egyes területek éghajlati potenciálját és

6) s elő kell állítani olyan információkat, amelyek a mezőgazdasági döntésekben közvetlenül felhasználhatók, s csökkentik a döntések kockázatát.

Az agroklimatológia tárgyköre. Az agroklimatológia feladatainak megoldásához e tudomány három területre tagolódik.

a) *Az agroklimatológiai alapismeretek* a fizikai klimatológiára támaszkodva az agroklimatológia megértéséhez szükséges ismereteket foglalja magába.

b) *A mezőgazdasági termelés éghajlati alapjai* a leíró éghajlattan segítségével írja le a Föld éghajlati viszonyait, majd hazánkban részletesen foglalkozunk Magyarország részletes agroklimatológiai jellemzésével.

c) *Az éghajlat mint a mezőgazdasági termelés légköri hatótényezőinek rendszere* az éghajlati tényezőknek a növénytermesztésre és ezen belül az egyes gazdasági növényekre gyakorolt hatásával foglalkozik.

d) *Az agroklimatológiai információs rendszer* az információk előállítására szolgáló módszereket és a segítségükkel készült információkat tartalmazza. Ezek segítik a mezőgazdasági döntéshozókat döntéseik meteorológiai megalapozásában.

Az agroklimatológiai adatgyűjtés és analízis alapvető módszerei. Az agroklimatológiának ahhoz, hogy vizsgálatokat tudjon végezni párhuzamosan gyűjtött meteorológiai és mezőgazdasági (növényi, agrotechnikai stb.) adatokra van szüksége. Természetesen nem szükséges, hogy mindkét területre vonatkozó adatokat egy és ugyanazon intézmény gyűjtse. Lehetséges, hogy különböző intézményekben, de egyidejűleg (időben párhuzamosan) gyűjtött meteorológiai és a mezőgazdasági adatokat is felhasználjunk agroklimatológiai analízis céljára.

Az adatgyűjtésnek a következő alapvető módszereit szoktuk használni.

1. Hálózatszerű megfigyelések. E módszer lényege, hogy nagyszámú reprezentatív helyen ugyanazokat az elemeket ugyanazokkal a műszerekkel mérik és ugyanazokkal a módszerekkel figyelik meg.

A hálózat lehet ritkább (egymástól távolabb elhelyezett állomásokból álló), s kiterjedhet nagyobb területre (pl. országos megfigyelő hálózat stb.). Ez a típus a makroklimatikus megfigyeléseket jellemzi, amikor nagy területről szeretnék éghajlati képet alkotni.

A hálózat lehet sűrűbb (egymáshoz közeli állomásokból álló), s csak kisebb területre kiterjedő (pl. egy erdő, egy település stb.). Ebben az esetben mezoklimatikus (terepklimatológiai, topoklimatológiai) megfigyelésekről van szó, amikor valamilyen nem túlságosan nagy kiterjedésű természeti egységről akarunk éghajlati képet kapni.

A hálózatszerű megfigyeléseket rendszerint ugyanazonokon a helyeken, ugyanazon időpontokban és hosszú éveken keresztül végezzük.

2. Kísérleti mérések. Fő jellemzőjük az, hogy egy vagy kevés számú helyen végzünk speciális méréseket valamilyen probléma felderítése vagy részletesebb vizsgálata céljából. Ezeket a méréseket végezhetjük a szabadban vagy zárt terekben (fitotrón, üvegház, klímakamra stb.).

A szabadföldi kísérleteket természetes termesztési körülmények között, a növények közvetlen közelében vagy magában a növényállományban végzik. A kísérletek során rendszerint speciális méréseket szoktak végezni olyan műszerekkel, amelyeket az állomásokon nem használnak, esetleg éppen az adott mérésekhez készültek vagy bonyolultságuk miatt túlságosan drágák hálózati célra.

A zárt terekben végzett mérések közelítenek leginkább a tulajdonképpeni kísérletekhez, mivel itt egy meghatározott mértékig a körülményeket is szabályozni lehet. A fitotrón, az üvegház egy adott részében vagy a klímakamrában szabályozni lehet a levegő pl. a hőmérsékleti és nedvességi viszonyait, s adott viszonyok között természetesen növényre vonatkozóan lehet további meteorológiai elemeket változtatni (pl. a sugárzás intenzitását, összetételét stb.), s arra vonatkozóan méréseket végezni.

3. Távérzékelés. Alapjában véve inkább magasból (sárkányrepülőről, repülőről, műholdról) történő mérésekről beszélhetünk. Ezek a mérések még annyiban is eltérnek a korábban említett módszerektől, hogy nem „pontmérések”, hanem területre vonatkozó adatokat szolgáltatnak. A műszerek egy, a magasban mozgó szállítóeszközön vannak elhelyezve. A műszerek által a vizsgált tárgyra kibocsátott sugárzás a tárgyról visszaverődik, s a műszerek a sugárzásban tapasztalt változást rögzítik. A sugárzásban tapasztalt változások összefüggésben vannak a vizsgált jelenséggel. Ezt az összefüggést már korábbi vizsgálatok alapján meghatározták. A kapott érték egy területi átlag.

Az adatok elemzésére szolgáló alapvető módszerek.

1. Agroklimatológiai analízis. A méréseket akár hálózatszerűen, akár kísérleti jelleggel végzik, rendszerint nagy mennyiségű adat gyűlik össze, amelyet először rendszerezni kell, majd a könnyebb áttekinthetőség végett néhány jellemzőértékkel kell leírni. Erre a célra szolgálnak a matematikai statisztika módszerei, amelyeket mindig a megadott feltételek figyelembe vételével lehet használni.

2. Agroklimatológiai modellezés. A modellezés azt jelenti, hogy a természet egy kiszemelt részét rendszernek tekintve vizsgáljuk oly módon, hogy a rendszert a fontosabb elemeire és folyamataira egyszerűsítjük le. A rendszer elemei közötti kapcsolatokat és a rendszerben lejátszódó folyamatokat a matematika módszereivel írjuk le, s a modellel kapott eredményeket összevetjük a valóságban kapott eredményekkel.

Az agroklimatológia kapcsolata más tudományokkal. Az agroklimatológia határtudomány a meteorológia és a mezőgazdasági tudományok között.

Az éghajlat egy adott területen jelentős befolyást gyakorol a mezőgazdasági termelésre. Ennek a befolyásnak a meghatározása az agroklimatológia feladata. Két fontos dolgot kell megállapítani ezzel kapcsolatban:

– az egyik, hogy az éghajlat határozza meg, hogy egy adott helyen milyen növények termesztethetők, s az év mely időszakában;

– a másik, hogy az éghajlati elemek egy termőterület legváltozékonyabb és legkevésbé befolyásolható hatótényezői.

Ezért szükséges azzal tisztában lenni, hogy egy adott országban mely területek kedvezőek egyes gazdasági növények számára, s bizonyos kedvező vagy kedvezőtlen hatások milyen gyakorisággal fordulnak elő. E problémák helyes megoldásához szükség van más tudományterületek ismeretanyagára is.

Az agroklimatológiai vizsgálatokhoz – a meteorológiai ismereteken kívül – főként a földrajz, a matematika, a fizika, a növénytan, a növénytermesztés, a földművelés, a növényvédelem és a talajtan kapcsolódik szorosan. Természetesen minden tudományterületen belül vannak az agroklimatológia szempontjából kiemelten fontos területek. Ilyenek például a matematikán belül a matematika-statisztika, a fizikán belül pl. a hőtan, a növénytanon belül a növényfiziológia és növényökológia, a talajtanon belül a talajfizika.

1.4 Az agroklimatológia szemléleti alapjai

Az utóbbi évtizedekben a meteorológiai ismeretek mezőgazdasági alkalmazása terén jelentős fejlődés ment végbe. Ez jórészt az ismeretek mennyiségének növekedésében mutatkozott meg, leginkább pedig abban, hogy mind nagyobb gondot fordítottak az ismeretek szintézisére, az agrometeorológia elméletének kialakítására. Az agrometeorológiában azonban még napjainkban sincs kialakult, egységesen elfogadott elmélet.

Az adatbázis kialakítása és az adatok elemzése alapján lényegében két irányzat ismerhető fel. Az egyik a már meglévő, hagyományos megfigyelő-hálózat meteorológiai és mezőgazdasági adatait használja fel a termőhely meteorológiai viszonyainak és azok mezőgazdasági hatásainak a feltárására (Chang 1968). Ezeket a vizsgálatokat az agroklimatológia tárgykörébe soroljuk.

A másik irányzat a rendelkezésre álló műszerek segítségével a növény vagy állat közvetlen környezetében végzett mérések alapján igyekszik minél pontosabban felderíteni a növények vagy állatok életfolyamatai és a meteorológiai viszonyok közötti kapcsolatot. Ezek a vizsgálatok az agromikrometeorológia (a mikroklimatológia) tárgykörébe tartoznak.

E két irányzatot néha úgy választják el egymástól, hogy az előbbit agroklimatológiának, az utóbbit pedig agrometeorológiának nevezik. Ebben az értelemben a két fogalom egyenértékű egymással abban az értelemben, hogy két különálló, de összetartozó tudományterületet jelöl.

A két irányzat nyilvánvalóan két gyakorlati szempontot is kifejez. Az egyik az, hogy a vizsgálatok eredményei minél nagyobb területre legyenek kiterjeszthetők. A másik, hogy egy adott területen belül minél nagyobb pontosságot érjünk el. Az utóbbi időben több olyan vizsgálattal is találkozhatunk, amelyek a két irányzat egyesítésére törekszenek. Ezek a komplex agrometeorológiai vizsgálatok olyan modellek kidolgozásán alapszanak, amelyek nagyobb térségekre érvényesek, s a vizsgált mezőgazdasági jelenségek közvetlen környezetében meghatározott összefüggésekre épülnek.

A korszerű agrometeorológiában - így az említett irányzatokban is - két alapvető szempontnak kell érvényesülnie.

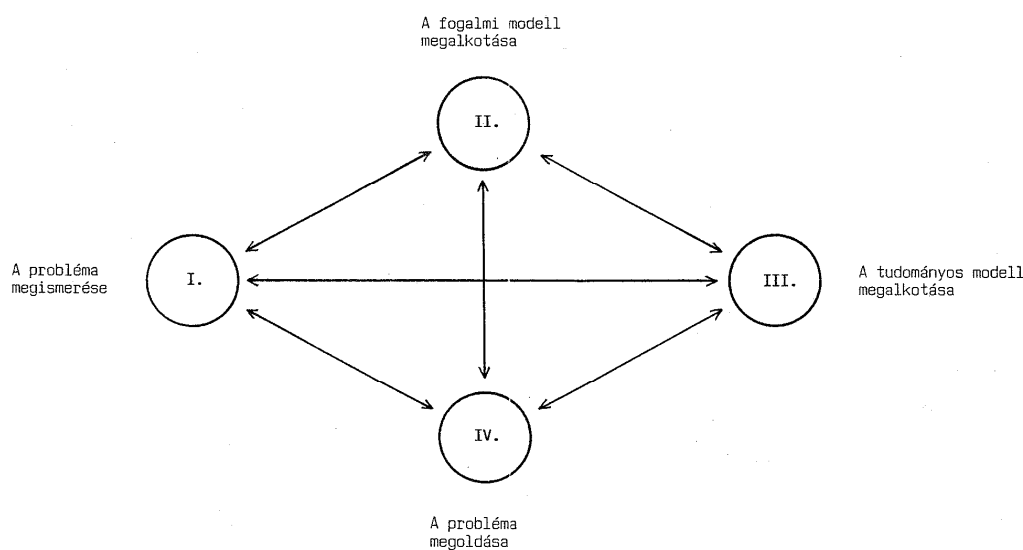
Az egyik az ismeret megalapozottságát, az ismeretszerzés alapvető szemléletét hangsúlyozza, míg a másik a szerzett ismeretek gyakorlati alkalmazhatóságára fekteti a súlyt. Ezek a szempontok a következők.

(1) Az agrometeorológiai vizsgálatoknak ökológiai szemléletűeknek kell lenniük, mind az adatok gyűjtése, mind pedig az értékelése terén. Ez magában foglalja a meteorológiai és mezőgazdasági adatok párhuzamos gyűjtésének szükségességét, amelyet az agrometeorológia

alapelvének tekintenek, s a kapott eredményeknek mind a meteorológiai, mind pedig az ökológiai ismeretrendszer figyelembe vételével történő értékelését. Ez az alap az agrometeorológiai ismeretek mezőgazdasági ismeretrendszerhez történő kapcsolásához.

(2) Az agrometeorológiai vizsgálatok eredményeinek elbírálásánál mindig szem előtt kell tartani a gyakorlati alkalmazhatóságot. Ez megvalósulhat közvetett módon is, amikor azt várjuk, hogy a vizsgálat eredménye egy módszer legyen, amelynek segítségével újabb, a gyakorlatban alkalmazható agrometeorológiai információk állíthatók elő. S megvalósulhat közvetlen formában is, amikor az a cél, hogy valamilyen termelési igényt kielégítsünk. Ez esetben az eredményeket úgy kell megadni, az információkat úgy kell megfogalmazni, hogy azokat a lehetséges felhasználók a döntéseikbe közvetlenül beépíthessék.

Az e szempontok figyelembe vételével végzett agrometeorológiai kutatások alapvető lépéseit az 1.1 ábra szemlélteti (Mazocco és tsai 1989). Eszerint a munka a probléma felismerésével, a feladat megfogalmazásával (I) kezdődik. Majd a problémát tartalmazó rendszer elméleti, fogalmi leírásával (II) folytatódik. Ezt követi a rendszer gyakorlati modellezése (III), végül pedig a feladat megoldása (IV). A gyakorlatban azonban az alkalmazott kutatások általában az I-III-IV-I utat követik, vagyis kimarad a rendszer fogalmi leírása. Ehelyett a probléma felismerése után rögtön a gyakorlati modellezésre térnek rá, ami gyorsítja a problémára adandó válasz megtalálását. Az esetek egy részében azonban nem a gyors megoldás megtalálása a fontos, hanem a pontosabb, elméletileg megalapozottabb megoldás. Ehhez pedig a rendszer jobb leírására van szükség, vagyis olyan vizsgálatra (módszertani kutatásra), ami lehetővé teszi a rendszer pontosabb elméleti megközelítését. Ekkor a kutatás útja: II-III-IV-II. A továbblépés értelemszerűen az, hogy felhasználva a módosított elméleti-módszertani megközelítést, a kutatást az I-II-III-IV-I lépésekben hajtsuk végre.



1.1 ábra. Az agrometeorológiai kutatások alapvető lépései

A fogalmi modellek jobb megalkotásához nyújt segítséget a rendszer szemléletű közelítés. Ez lényegében azt jelenti, hogy a természetnek egy körülhatárolható részét célszerű úgy felfogni, mint egy alkotóelemekből felépülő egészt, ahol az egész az alkotóelemeitől eltérő tulajdonságokkal is rendelkezik. Ugyanakkor maga is alkotóeleme egy nagyobb rendszernek. Egy ilyen közelítés lehetővé teszi az adott rendszer belső működésének és környezetéhez való kapcsolódásának jobb megértését.

Ezt a közelítési módot alapvetően három fogalom: a rendszer, a modell és a szimuláció jellemzi. E fogalmakat de Wit (1982) úgy határozta meg, hogy a rendszer a valóságnak egy

körülhatárolt része, amely kölcsönösen összefüggő elemekből áll, a modell a rendszer egyszerűsített formában történő megjelenítése, a szimuláció pedig a matematikai modellek készítésének és a rendszerekkel kapcsolatos tulajdonságaik tanulmányozásának eszköze (művészete). A matematikai modellek kialakításának módszereit de Wit és más kutatók is tudomány helyett gyakran nevezik művészetnek, mert a modellek túl általánosan megfogalmazott céljai miatt a módszerek alkalmazásában sajátos elképzelések érvényesülhetnek. A kutatók többsége azonban úgy véli, hogy a módszerek alkalmazásának követnie kell az adott tudományok logikáját, ezért nem alkalmazhatók tetszés szerint. Ez utóbbi tekinthető a követendő útnak, mert a modellek készítésénél elengedhetetlen az adott tudomány logikájának érvényesülése, ellenkező esetben ugyanis rendkívül bizonytalanná válnak a kapott eredmények.

1.5 Az éghajlat és az ember

Az embernek szüksége van élelemre ahhoz, hogy fennmaradjon. Ezért a Földön élő emberek számának megfelelő mennyiségű élelmiszerre van szükség. Ha az emberiség létszáma nő (márpedig az utóbbi időben ez a folyamat egyre erősödik), akkor ennek megfelelően több élelmiszerre van szükség. Mivel az élelmiszer termelése a szabad ég alatt folyik, ez a termelő folyamat függ a meteorológiai viszonyoktól. Ennek megfelelően az agrometeorológia, s azon belül az agroklimatológia is egyre inkább az érdeklődés előterébe került.

A másik fontos körülmény, amely az agroklimatológiára irányította a figyelmet, hogy az emberi tevékenység következtében egyre növekszik a légkör CO₂ tartalma, s ennek következményeként az éghajlat megváltozásával is számolni lehet. Emiatt azokon a területeken is előtérbe került az éghajlati viszonyok és az élelmiszertermelésre gyakorolt hatásuk vizsgálata, ahol a lakosság számára elegendő élelmet termelnek vagy esetleg többlettermelés folyik. Ennek oka, hogy egy esetleges éghajlatváltozás azt eredményezhetné, hogy az eddig termelt növényeknek más fajtáit vagy esetleg teljes új növényeket kellene termelni. Egy ilyen eshetőségre pedig fel kell készülni, mert különben jelentős társadalmi problémák keletkezhetnek.

Az éghajlat és az emberi tevékenység – itt az ember mezőgazdasági termelőtevékenysége – között kölcsönhatás van. Egyrészt az éghajlat jelentős mértékben befolyásolja a mezőgazdasági termelő tevékenységet. Ez a kölcsönhatás meghatározó oldala. Másrészt az emberi termelőtevékenység hatással van az éghajlatra. Ez a hatás a gyengébb, de ennek is két oldala van. Az egyik az éghajlatmódosító javító szándékú beavatkozások (Szinyicina et al. 1973), mint amilyen az öntözés, a belvíz elvezetése, fagyvédelem, mezővédő erdősávok stb. A másik az ember szándékától független kedvezőtlen következményű beavatkozások, mint a trópusi őserdők irtása, ami miatt csökken a légköri CO₂ elnyelése, s növekszik az üvegházhatás, a levegőbe juttatott szennyező anyagok, amelyek a csapadékkal kihulva károsítják a növényzetet (savas eső) stb.

Természetesen az ember nem csak mezőgazdasági tevékenységével képes befolyást gyakorolni az éghajlatra, hanem főleg az ipari tevékenységével, amelynek során különböző szennyező anyagokat bocsát a légkörbe, amelyek a be- és kisugárzást egyaránt befolyásolják. Különösen jelentős szerepet játszik e folyamatokban a szén-dioxid, amely – mint később látni fogjuk – az úgynevezett „üvegházhatáson” keresztül fontos szerepet játszik a Föld hőmérsékleti viszonyainak az alakulásában.

Kérdések

1. Milyen mérési adatokra van szükség ahhoz, hogy kialakulhasson az agrometeorológia és agroklimatológia?
2. Mi az agrometeorológia és agroklimatológia alapelve?
3. Mi az agrometeorológia fogalma és tárgyköre?
4. Mi az agroklimatológia fogalma és tárgyköre?
5. Milyen szemléleti szempontokat célszerű szem előtt tartani az agroklimatológiában?
6. Mi az agroklimatológia feladata az ember és az éghajlat kapcsolat elemzésében?